

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①⑪ N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 781 584**

②① N° d'enregistrement national : **98 08539**

⑤① Int Cl<sup>7</sup> : G 06 F 19/00, G 06 F 17/50

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

**A1**

②② Date de dépôt : 03.07.98.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 28.01.00 Bulletin 00/04.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : AEROSPATIALE SOCIETE NATIONALE INDUSTRIELLE Société anonyme — FR.

⑦② Inventeur(s) : CHOVEAU ERIC, GIACOMETTI JEAN  
PIERRE et THUBERT BENOIT.

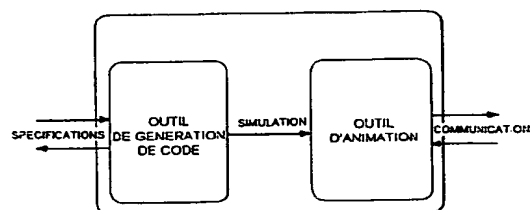
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : SOCIETE DE PROTECTION DES  
INVENTIONS.

⑤④ SYSTEME DE VALIDATION PAR SIMULATION DE LA SPECIFICATION FORMALISEE DES FONCTIONS DE SYSTEMES COMPLEXES.

⑤⑦ La présente invention concerne un système de validation par simulation de la spécification formalisée des fonctions d'un système complexe, comprenant :

- un dispositif de génération de code qui élabore un logiciel de simulation automatiquement à partir de la spécification;
- un dispositif d'animation qui anime le logiciel de simulation, image de la spécification, et qui offre des moyens d'analyse et de gestion des scénarios et des résultats d'essai, cet outil ayant deux modes de fonctionnement :
- un mode de fonctionnement interactif qui valide les différentes entités de la spécification ainsi que leur logique d'enchaînement, sans prendre en compte le temps,
- un mode de fonctionnement temps réel, prenant en compte le temps, qui valide la spécification de façon globale.



FR 2 781 584 - A1



SYSTEME DE VALIDATION PAR SIMULATION DE LA  
SPECIFICATION FORMALISEE DES FONCTIONS DE SYSTEMES  
COMPLEXES

5

DESCRIPTION

Domaine technique

La présente invention concerne un système  
10 de validation par simulation de la spécification  
formalisée des fonctions de systèmes complexes.

Etat de la technique antérieure

15 De tels systèmes complexes sont des  
systèmes capables de gérer des informations multiples  
et d'effectuer des traitements numériques et logiques  
sur lesquels on peut agir au moyen de terminaux  
alphanumériques multifonctions tels que ceux utilisés  
20 dans les avions civils.

Dans le domaine aéronautique ces systèmes  
sont par exemple les systèmes de gestion du vol, de  
maintenance centralisée, de documentation embarquée,  
etc...

25 Aujourd'hui il existe des moyens de  
validation d'une spécification formalisée dont l'objet  
est de décrire uniquement les fonctions essentielles  
d'un système. Ces moyens de validation sont capables de  
prendre en compte des spécifications décrivant  
30 uniquement des calculs numériques ou logiques, dont les  
traitements sont cycliques.

Aujourd'hui les techniques utilisées dans  
les outils de validation de spécification ne  
s'appliquent pas à des spécifications décrivant les  
35 fonctions essentielles et les fonctions d'interface

homme-machine d'un système, de façon intégrée dans un même et unique moyen.

Ces outils de validation ne sont pas à même de traiter des spécifications formalisées qui ont  
5 besoin de définir des comportements complexes, de manipuler des données complexes.

Ainsi, aujourd'hui on est dans l'incapacité, pour de tels systèmes, de fournir à l'équipementier des spécifications validées et exemptes  
10 de toutes ambiguïtés.

L'invention a pour objet un système de validation par simulation de la spécification formalisée des fonctions de systèmes complexes.

#### 15 Exposé de l'invention

La présente invention concerne un système de validation par simulation de la spécification formalisée des fonctions d'un système complexe,  
20 caractérisé en ce qu'il comprend :

- un dispositif de génération de code qui élabore un logiciel de simulation, automatiquement à partir de la spécification ;

- un dispositif d'animation qui anime le  
25 logiciel de simulation, image de la spécification, et qui offre des moyens d'analyse et de gestion des scénarios et des résultats d'essai, cet outil ayant deux modes de fonctionnement :

• un mode de fonctionnement interactif qui valide les différentes entités de la spécification ainsi que leur logique d'enchaînement, sans prendre en compte le temps,

30 • un mode de fonctionnement temps réel prenant en compte le temps et qui  
35

valide la spécification de façon globale.

Avantageusement le dispositif de génération de code comprend les moyens suivants :

- 5                   - moyens de réception et de gestion des livraisons de spécification en provenance de l'outil de gestion de configuration des spécifications ;
- moyens de consultation / modification / ajout / suppression des planches de spécification ;
- 10                  - moyens de réinjection vers l'outil de gestion de configuration des spécifications d'un nouvel état de spécification élaboré dans le dispositif de génération de code ;
- moyens de génération automatique de
- 15 logiciels de simulation à partir de spécifications ;
- moyens de gestion des différents logiciels de simulation ;
- moyens de transfert de logiciels de simulation vers le dispositif d'animation.

20                   Avantageusement le dispositif d'animation comprend les moyens suivants :

- moyens de réception et de gestion des logiciels de simulation en provenance du dispositif de
- 25 génération de code ;
- moyens de sélection d'une simulation devant servir de cadre à un essai ;
- moyens de sélection d'un environnement (composé de données d'entrée/sortie calculateur et
- 30 externes) de démarrage de la simulation ;
- moyens de pilotage de la simulation permettant de lancer la simulation, de la suspendre, de la réinitialiser, de revenir en arrière, de l'arrêter et de gérer ses modes de fonctionnement ;

- moyens de simuler une spécification incomplète permettant à l'opérateur de modifier l'environnement pour jouer le rôle de la fonction manquante sans interrompre la version de simulation  
5 (mode interactif) ;
- moyens de gestion d'états d'environnement de différentes simulations ;
- moyens de pilotage de l'environnement en cours de simulation ;
- 10 - moyens de gestion des traces et des résultats des différents essais.

Le système de l'invention permet d'animer une spécification formalisée qui décrit d'une part des  
15 comportements cycliques et asynchrones, et d'autre part qui définit des fonctions faisant appel à des données structurées, des chaînes de caractères, des listes d'informations, traitant des événements, interrogeant une base de données, affichant des informations sur un  
20 terminal et prenant en compte des actions effectuées sur ce terminal.

Ainsi ce système permet de mettre en oeuvre des spécifications formalisées décrivant l'ensemble des fonctions essentielles du système et celles de  
25 l'interface homme-machine pour des systèmes complexes.

Par conséquent, l'invention nous permet de valider de telles spécifications qui sont par la suite livrées à l'équipementier. Il peut disposer ainsi de spécifications de meilleure qualité.

30 Si l'équipementier dispose d'un outil de génération automatique de logiciels embarqués, il obtient un logiciel nécessairement conforme à la spécification formalisée.

Le système de l'invention utilise deux types de formalismes de spécification. Le premier formalisme sert à décrire les fonctions d'interface homme-machine du système, le second permet d'en définir  
5 les fonctions essentielles. Ces formalismes de spécification se présentent sous la forme d'un langage graphique qui prend la forme de schémas blocs.

Le système de l'invention, après avoir généré automatiquement le logiciel de simulation du  
10 système à partir de la spécification décrite avec un langage graphique, permet d'animer cette spécification formalisée. Ainsi ce système permet de valider cette spécification en mettant à disposition un ensemble de moyens nécessaires à son test et à sa mise au point.

15 Le système de l'invention permet à Aérospatiale de valider ses spécifications de systèmes complexes au plus tôt dans le cycle de développement. Cela lui permet donc de mieux maîtriser les temps et  
20 les coûts de développement de ces systèmes.

Par ailleurs le système de l'invention offre aussi un moyen d'étude particulièrement performant et ouvert pour ce type de systèmes. En effet il met à disposition des logiciels de simulation qui  
25 peuvent évoluer par modification de la spécification et cela sans dépendance vis-à-vis d'un équipementier.

#### Brève description des dessins

30 la figure 1 illustre schématiquement le système de l'invention.

Exposé détaillé de modes de réalisation

Le système de l'invention, comme illustré sur la figure 1, comprend deux parties principales :

- 5                   - un outil de génération de code qui permet principalement d'élaborer un logiciel de simulation, automatiquement à partir de la spécification ;
- un outil d'animation qui permet d'animer le logiciel de simulation, image de la spécification,
- 10               et qui offre des moyens d'analyse et de gestion des scénarios et des résultats d'essai, cet outil pouvant communiquer avec d'autres simulations par exemple : MCDU, EFIS, PA, ACARS...

Deux versions de fonctionnement sont envisagés pour l'outil d'animation :

- 15               - une version de fonctionnement dit « interactif » qui permet de valider les différentes entités de la spécification, ainsi que leur logique d'enchaînement, mais sans prendre en compte le temps ;
- 20               - une version de fonctionnement dit « temps réel » prenant en compte le temps et qui permet de valider la spécification de façon globale.

Ce système permet la validation de spécifications assistée par ordinateur.

Une telle spécification possède les éléments suivants :

- un ensemble de planches qui regroupent les définitions des données utilisées dans la
- 30               spécification ;
- un ensemble de planches qui décrit, soit sous forme d'organigramme soit sous une forme flots de données, les différents traitements de la spécification ;

- un ensemble de planches qui décrit le comportement et l'activation de ces différents traitements ;

- un dictionnaire de données qui regroupe l'ensemble des données d'entrées/sorties externes et

5     calculateur.

L'outil de génération de code est chargé de traduire la spécification formalisée dans un langage

10   informatique (langage orienté objet). Le logiciel généré est tel qu'il permet l'observation de ses variables internes ; mais aussi par sa modularité, il autorise une validation d'une spécification incomplète.

L'outil d'animation a pour rôle de mettre

15   en oeuvre le logiciel précédemment généré. L'invention dispose de moyens de gestion de configuration des simulations et des essais effectués.

Ces deux outils sont intégrés dans un même atelier et utilisent le même ordinateur pour

20   fonctionner.

Le système de l'invention comprend un moyen de validation de spécifications décrivant les comportements et les traitements complexes des

25   fonctions de l'interface homme-machine et des fonctions essentielles d'un système.

Le générateur automatique de logiciel de l'invention permet d'obtenir un logiciel de simulation qui est le reflet exact de la spécification formalisée.

30   L'outil d'animation permet de valider cette spécification par simulation. Pour ce faire l'opérateur dispose d'une maquette du terminal multifonctions sur lequel il peut interagir et observer le fonctionnement de la spécification.



Cet outil offre aussi la possibilité d'exploiter des spécifications incomplètes, de consulter ou de modifier les variables de la spécification, d'en enregistrer les évolutions, et de  
5 générer automatiquement des comptes-rendus d'essais.

Pour générer automatiquement les logiciels de simulation, l'invention repose sur le logiciel, décrit dans la demande de brevet FR-A-2 661 266 (Aerospatiale), de production automatique de code de  
10 simulation. Ce logiciel est adapté pour prendre en compte les nouveaux types de traitements et de comportements introduits dans les spécifications à valider.

Non seulement ce logiciel génère  
15 automatiquement le logiciel de simulation mais il produit aussi la liste de toutes les variables internes du système spécifié. On peut accéder à cette liste, appelée « environnement », lors de la simulation soit pour la consulter, soit pour la modifier.

20 En premier lieu l'outil de simulation peut recevoir des logiciels de simulation correspondant à plusieurs états ou évolutions de la spécification ainsi que les environnements leur correspondant. Ces logiciels de simulation et ces environnements sont  
25 alors gérés en configuration par l'outil.

L'outil de simulation permet de choisir le logiciel de simulation et un environnement correspondant à la spécification que l'on souhaite valider. On peut notamment choisir un logiciel de  
30 simulation ayant trait soit uniquement aux fonctions de l'interface homme-machine de la spécification, soit uniquement aux fonctions essentielles de la spécification, soit enfin à l'ensemble de la spécification.

Cet outil propose ensuite un ensemble de fonctions permettant de lancer la simulation, d'en mémoriser un état et d'y revenir, d'émettre des événements.

5 Cet outil dispose de trois modes de fonctionnement pour la version de fonctionnement interactif type :

- le premier, dit « mode nominal », déroule le logiciel normalement ;
- 10 - le second mode, dit « mode pas à pas », permet de modifier ou de consulter l'environnement avant chaque exécution de fonction spécifiée ;
- le dernier mode, dit « mode suivi », permet un enregistrement de l'évolution de toutes les
- 15 variables définies dans la spécification.

Contrairement aux moyens de validation existants, il n'est pas utile d'inclure la liste des variables que l'on souhaite enregistrer dans la spécification.

20 Par ailleurs, dès qu'une simulation est mise en oeuvre, l'outil garde une trace de toutes les opérations effectuées soit par l'opérateur, soit par l'outil lui-même. L'outil constitue alors automatiquement un compte-rendu de validation. Ce

25 compte-rendu se compose de la trace des opérations et de l'enregistrement de l'évolution de toutes les variables définies dans la spécification s'il y a lieu. Ces comptes-rendus sont aussi gérés en configuration.

Si le logiciel de simulation choisi a trait

30 soit uniquement aux fonctions spécifiées de l'interface homme-machine, soit à l'ensemble des fonctions, alors l'outil de simulation présente à l'opérateur une maquette du terminal alphanumérique multifonctions (MCDU). L'opérateur peut agir sur cette maquette pour

35 valider les fonctions de la spécification.

Enfin l'outil de simulation est à même d'identifier une incomplétude de la spécification pendant le déroulement de la simulation. Il en informe alors l'opérateur et lui propose de modifier  
5 l'environnement de façon à remplir de façon manuelle le rôle de la fonction manquante.

On va, à présent, considérer successivement les fonctionnalités de l'outil de génération de code et  
10 de l'outil d'animation, les possibilités communes des deux versions de réalisation ainsi que les différences étant mises en évidence.

## 15 OUTIL DE GENERATION DE CODE

L'outil de génération de code du système de l'invention offre les fonctionnalités suivantes :

- 20 - réception et gestion des livraisons de spécification en provenance de l'outil de gestion de configuration de spécifications ;
- consultation / modification / ajout / suppression des planches de spécifications ;
- 25 - réinjection vers l'outil de gestion de configuration de spécifications d'un nouvel état de spécification élaboré dans l'outil de génération de code ;
- génération automatique de logiciels de simulation à partir de spécifications ;
- 30 - gestion des différents logiciels de simulation ;
- transfert de logiciels de simulation vers l'outil d'animation.

Les caractéristiques des différentes fonctionnalités de l'outil de génération de code sont décrites dans les paragraphes suivants.

5 • Réception et gestion des livraisons de spécification en provenance de l'outil de gestion de configuration de spécifications

10 L'outil de génération de code a la faculté de recevoir de l'outil de gestion de configuration de spécifications des livraisons complètes ou par delta d'espaces officiels ou d'espaces de travail.

La fonction de réception exploite toutes les informations de gestion reçues afin d'optimiser  
15 toutes les fonctions associées : stockage des différentes planches des différentes spécifications, optimisation de la génération des différents logiciels de simulation.

L'outil de génération de code intègre une  
20 gestion des différentes versions de spécifications reçues de l'outil de gestion de configuration de spécifications, des évolutions apportées à ces versions de spécification et des simulations générées à partir des spécifications. Cette gestion gère également, si  
25 nécessaire, les dictionnaires de données associés aux différentes versions de spécification.

30 • Consultation/modification/ajout/suppression de planches de spécifications

L'outil de génération de code permet d'apporter des évolutions aux spécifications reçues de l'outil de gestion de configuration de spécifications :

- les planches reçues peuvent être  
35 consultées ;

- les planches reçues peuvent être  
modifiées ;  
- de nouvelles planches peuvent être  
ajoutées ;  
5 - des planches de spécification peuvent  
être supprimées.

Il intègre également un mécanisme de  
gestion des évolutions apportées aux spécifications  
10 reçues.

- Réinjection vers l'outil de gestion de configuration  
de spécifications d'un nouvel état de spécification  
élaboré dans l'outil de génération de code

15

L'outil de génération de code offre la  
possibilité de faire évoluer une spécification reçue de  
l'outil de gestion de configuration de spécifications.

La spécification modifiée peut être  
20 réinjectée dans l'outil de gestion de configuration de  
spécifications.

- Génération automatique de logiciels de simulation à  
partir de spécifications

25

A partir des spécifications reçues de  
l'outil de gestion de configuration de spécifications  
et auxquelles des évolutions ont éventuellement été  
apportées, l'outil de génération de code permet de  
30 générer des logiciels de simulation qui peuvent être  
l'image de tout ou partie de chaque spécification.

L'outil de génération de code exploite  
toutes les informations présentes dans la  
spécification : planches LOI/LOG, permettant de  
35 spécifier une logique ou un calcul mathématique,

planches TEMPO d'organisation des unités UFT (unités fonctionnelles de traitement), planches TEMPO de structuration de la spécification, planches DEF de définition (et éventuellement dictionnaire de données).

- 5 Les planches TEMPO permettent, en effet, de spécifier un organigramme utilisé soit pour structurer la spécification, soit pour en décrire le comportement.

- 10 L'outil de génération de code génère également toutes les informations nécessaires à la validation de la spécification par l'outil d'animation.

- 15 En particulier, il tire parti des informations issues de la réception des spécifications, de la gestion des spécifications reçues, ainsi que de la gestion des évolutions apportées aux spécifications reçues pour optimiser la génération du logiciel des simulations (génération du strict minimum).

- 20 L'outil de génération de code effectue les contrôles minimaux sur la spécification, qui garantissent que le code généré va s'exécuter.

- 25 L'outil de génération de code peut traiter une spécification incomplète : il prévoit les mécanismes nécessaires qui permettent de valider les parties disponibles et d'informer l'utilisateur, lors de l'animation de la spécification, dans le cas de manque de parties de spécification utiles.

- 30 L'outil de génération de code est conçu pour ne pas s'arrêter systématiquement dès qu'une erreur est rencontrée, mais pour aller le plus loin possible lors d'une traduction, dans la mesure où les erreurs rencontrées ne sont pas bloquantes pour la suite de la traduction.

L'utilisateur peut interrompre une traduction sans risquer de problème d'intégrité des

données. La reprise après interruption est possible sans repartir de zéro.

L'outil de génération de code génère un logiciel de simulation compatible du double objectif du système de l'invention : validation interactive et validation temps réel de la spécification.

Compte tenu des différences importantes entre les deux modes de fonctionnement de l'outil d'animation, deux versions de générations de logiciel différents peuvent être envisagées.

La version interactive peut fournir un code instrumenté permettant une analyse fine de problèmes et de leur origine au niveau de la planche de spécification ; la performance, du point de vue temps de calcul, passant en priorité 2.

La version temps réel peut fournir un code très dépouillé du point de vue instrumentation, permettant seulement d'accéder au niveau de l'unité UFT, aux données d'entrées/sorties externes et calculateur et de générer une trace des unités UFT activées, mais très rapide d'un point de vue temps d'exécution.

Les principes de génération de code entre les deux versions éventuelles de l'outil peuvent différer ; en effet : un module = une planche pour la première version, un module = un bloc ou une unité UFT pour la seconde version.

La deuxième version de l'outil permet la coexistence de parties de logiciel cycliques et asynchrones.

#### • Gestion des différents logiciels de simulation

L'outil de génération de code intègre une gestion des différentes versions de logiciels de

simulation, gestion liée aux différentes spécifications reçues de l'outil de gestion de configuration de spécifications et auxquelles des évolutions peuvent avoir été apportées.

5

- Transfert de logiciels de simulation vers l'outil d'animation

10 L'outil de génération de code met à disposition de l'outil d'animation les différents logiciels de simulation disponibles dès qu'ils sont dans un état « animable », c'est-à-dire dès que la génération de code est sans erreur et quand toutes les informations nécessaires à l'outil d'animation sont  
15 disponibles.

- Comportement vis-à-vis des erreurs

20 Les différentes fonctionnalités de l'outil génèrent une trace de leur fonctionnement et un compte-rendu daté et référencé, indiquant comment s'est comportée la fonctionnalité et comprenant toutes les informations nécessaires à l'analyse du problème dans le cas d'un dysfonctionnement.

25 Dans le cas d'un mauvais comportement d'une des différentes fonctionnalités de l'outil de génération de code, un redémarrage après erreur est prévu de façon à limiter au strict minimum le travail de reprise.

30 En particulier, la génération de logiciels de simulation à partir de spécifications est conçue pour ne pas redémarrer au début, mais pour reprendre à partir de l'endroit où le problème est survenu.

35



## OUTIL D'ANIMATION

L'outil d'animation du système de l'invention offre les fonctionnalités suivantes :

- 5                   - réception et gestion des logiciels de simulation en provenance de l'outil de génération de code ;
- sélection d'une simulation devant servir de cadre à un essai ;
- 10                  - sélection d'un environnement (composé de données d'entrée/sorties calculateur et externes) de démarrage de la simulation ;
- pilotage de la simulation permettant de lancer la simulation, de la suspendre, de la
- 15                  réinitialiser, de revenir en arrière, de l'arrêter et de gérer ses modes de fonctionnement ;
- gestion d'états d'environnements de différentes simulations ;
- pilotage de l'environnement en cours de
- 20                  simulation ;
- gestion des traces et des résultats des différents essais.

25                  Ces fonctionnalités diffèrent légèrement dans les deux versions de fonctionnement prévues.

                  La première version de fonctionnement, version interactive, permet de valider les spécifications unité UFT par unité UFT en offrant à l'utilisateur les moyens d'analyser finement les

30                  problèmes éventuels qui vont se présenter. Dans cette première version l'utilisateur a également la possibilité de valider la logique d'enchaînement des unités UFT, mais cette validation se fait sous la forme d'une activation séquentielle des différentes unités

UFT et non sous une forme dynamique proche du temps réel.

En particulier, dans ce mode les parties cycliques de spécification ne peuvent être validées que de façon partielle, les parties fonction du temps ne pouvant pas être validées.

La deuxième version de fonctionnement, version temps réel, permet une validation complète des parties cycliques et une validation plus globale de la spécification par intégration des parties cycliques avec les parties asynchrones. Le comportement du logiciel de simulation est dynamique et temps réel, en contrepartie les moyens d'analyse du comportement des unités UFT sont moins puissants que dans la première version.

La validation d'une spécification FMS (système de gestion du vol) nécessite d'adjoindre à la spécification des fonctionnalités du coeur FM (gestion du vol), une simulation de la fonction MCDU (unité de visualisation multi-usage).

L'outil d'animation a la capacité de communiquer avec une simulation de la fonction MCDU en offrant des services équivalents et centralisés d'analyse du comportement de l'outil et de gestion des traces et des résultats des deux simulations.

Une autre caractéristique de l'outil d'animation est son ouverture vers d'autres outils facilitant la validation des spécifications.

L'environnement qui constitue la base de la validation des différentes unités UFT doit pouvoir être alimenté par des outils externes au système de l'invention (prototype de pilote automatique par exemple, données de simulation avion, ..).

De même l'environnement doit pouvoir être lu et exploité par des outils externes (simulation de l'affichage de l'écran de navigation, ...).

5 • Réception et gestion des logiciels de simulation

L'outil d'animation intègre une fonctionnalité de gestion des différentes simulations reçues de l'outil de génération de code.

10 Cette gestion permet de les identifier et de leur associer des environnements, des fichiers de trace et de résultats d'essai qui sont également gérés.

On peut, dans le cas où les générations de code sont différentes pour les deux versions de  
15 l'outil, avoir deux gestions de simulations distinctes.

• Sélection d'une simulation devant servir de cadre à un essai

20 L'outil d'animation offre la possibilité à l'utilisateur de sélectionner une simulation qui va faire l'objet d'un essai.

Le choix de la simulation se fait parmi toutes les simulations disponibles qui sont proposées à  
25 l'utilisateur.

L'outil d'animation offre également la possibilité de sélectionner une simulation de la fonction d'interface MCDU. Cette sélection est soit interactive, soit faite au travers d'un paramétrage de  
30 l'outil d'animation.

La simulation choisie pour la fonction d'interface MCDU est capable de fonctionner dans la même version de l'outil (interactive ou temps réel) que la simulation des fonctions du coeur du FMS.

- Sélection d'un environnement de démarrage de la simulation

L'outil d'animation permet à l'utilisateur  
5 de choisir un environnement parmi tous les environnements disponibles pour la simulation sélectionnée.

Cet environnement comprend toutes les données d'entrée/sorties externes et calculateur  
10 utilisées par la simulation sélectionnée ainsi que des moyens et des facilités pour les distinguer et accéder à la valeur de ces données.

Ce peut être un environnement par défaut (données à des valeurs indéfinies, valeurs par défaut)  
15 ou un environnement qui a été précédemment défini et dont les données ont déjà une valeur.

l'environnement sert de base de départ à la simulation qui fait l'objet de l'essai.

- 20 • Pilotage de la simulation

L'outil d'animation offre la possibilité de piloter la simulation, c'est-à-dire de la lancer, de la suspendre, de la réinitialiser, de revenir en arrière  
25 (uniquement dans la version interactive de l'outil), d'arrêter la simulation et de gérer ses modes de fonctionnement :

- 1) Lancement de la simulation

30 Le pilotage de la simulation permet à l'utilisateur de choisir la partie de spécification sur laquelle il souhaite débiter l'essai.

En version interactive, l'utilisateur sélectionne une unité UFT, la génération d'un événement  
35 ou une page MCDU pour lancer la spécification.

En version temps réel, les possibilités de démarrage de la spécification sont réduites : événement d'initialisation ou directement partie cyclique de la spécification (avec affichage d'une page MCDU prédéfinie).

## 2) Suspension/reprise d'une simulation

Le pilotage de la simulation permet à l'utilisateur d'interrompre ou de suspendre l'essai en cours.

La simulation étant dans un état « suspendu », l'utilisateur a la possibilité de modifier l'environnement et/ou de le sauvegarder et de changer de mode de fonctionnement de la simulation.

L'utilisateur a également la possibilité de reprendre l'essai. L'essai reprend à l'endroit où il a été interrompu ou sur une partie de spécification que l'utilisateur choisit comme au lancement de la simulation.

La simulation passe automatiquement dans l'état suspendu quand elle rencontre une condition prédéfinie : activation d'une unité UFT, génération d'un événement, écriture/lecture d'une donnée par exemple.

## 3) Réinitialisation

Par cette commande, l'utilisateur reprend l'essai à son origine, c'est-à-dire relance la partie de simulation initiale avec l'environnement initial.

## 4) Retour à l'état antérieur

Par cette commande, l'utilisateur demande à l'outil d'animation de ramener la simulation à l'état (environnement, dernière unité UFT activée)

qu'elle avait avant la dernière intervention de l'utilisateur.

Cette fonctionnalité n'est disponible que dans la version interactive de l'outil.

5

#### 5) Arrêt de la simulation

Une fois l'essai terminé, l'utilisateur arrête la simulation et se voit offrir la possibilité de sauvegarder la trace de l'essai ainsi que les éventuels fichiers de résultats.

10

#### 6) Gestion des modes de fonctionnement

L'utilisateur peut changer de mode de fonctionnement de l'outil d'animation chaque fois que la simulation est suspendue.

15

En version interactive, l'outil d'animation peut fonctionner en mode nominal, les différentes unités UFT étant enchaînées automatiquement en fonction des planches TEMPO, dans la mesure où les données externes et calculateurs qui leur sont nécessaires sont définies (sinon l'outil d'animation rend la main à l'utilisateur), ou en mode pas-à-pas, l'outil d'animation s'arrêtant systématiquement avant l'activation de chaque unité UFT et offrant à l'utilisateur la possibilité de modifier l'environnement.

20

25

La version temps réel de l'outil ne comprend qu'un mode de fonctionnement dans lequel les unités UFT sont enchaînées en fonction des planches TEMPO d'organisation de la spécification. La simulation ne s'arrête pas quand des données utilisées ne sont pas définies, elle prend des valeurs par défaut pour ces données et signale l'utilisation de données indéfinies.

30

Les deux versions de l'outil permettent aussi de disposer d'enregistrements de résultats.

35

Le mode suivi permet, en version interactive, de mémoriser toutes les données d'entrées/sorties internes, externes et calculateur utilisées par chaque unité UFT appelée. Dans la version  
5 temps réel, seulement les données d'entrées/sorties externes et calculateur utilisées par chaque unité UFT appelée sont mémorisées.

Dans les deux versions de l'outil d'animation, l'environnement actif peut être modifié  
10 par l'utilisateur au cours d'une simulation ou en dehors d'une simulation.

Les modes de fonctionnement, de suivi et la trace sont communs à la spécification du coeur des fonctions FMS et à la fonction MCDU : les deux  
15 simulations sont en même temps dans les mêmes modes.

#### 7) Simulation des fonctions du coeur FM et de la fonction MCDU

L'outil d'animation permet d'animer la  
20 spécification des fonctions du coeur FM de façon coordonnée avec la simulation de la fonction d'interface MCDU.

En particulier, l'outil d'animation communique avec un prototype de la fonction MCDU sur  
25 lequel est affiché le résultat des traitements correspondant à la spécification de la page MCDU affichée à un instant donné et qui permet d'entrer des informations.

Toute action sur le prototype MCDU se  
30 traduit par l'animation de la spécification de l'interface MCDU et le cas échéant par l'activation de requêtes à destination des fonctions du coeur du FM. L'outil d'animation gère, sans intervention de l'utilisateur, l'enchaînement des parties de simulation

MCDU et de parties de simulation de fonctions du coeur FM.

Inversement; des fonctions du coeur FM peuvent déclencher des évolutions de l'affichage MCDU (messages ou changement de page). Dans ce cas également, l'outil assure l'enchaînement de parties de la simulation des fonctions du coeur FM avec des parties de la simulation de la fonction MCDU.

L'outil d'animation a également la capacité de communiquer avec deux simulations de la fonction MCDU pour permettre la validation de la fonction bi-MCDU.

#### 8) Simulation d'une spécification incomplète

L'outil d'animation a la capacité de fonctionner sur une spécification incomplète (unité UFT manquante, planche TEMPO d'organisation d'unité UFT manquante, traitement d'événement manquant, ...).

Dans le cas de la version interactive, quand l'outil d'animation rencontre une partie de spécification manquante, il en informe l'utilisateur et s'arrête. Il poursuit, dans la mesure du possible, après accusé de réception de l'utilisateur.

Dans la version dynamique, l'outil d'animation informe l'utilisateur quand il rencontre une partie de spécification manquante et continue, dans la mesure du possible, sans attendre d'accusé de réception.

30

#### • Gestion des environnements de différentes simulations

L'outil d'animation offre des fonctionnalités de gestion des environnements associés aux différentes simulations.

35



Pour chaque simulation, il existe un environnement par défaut dans lequel toutes les données externes et d'entrées/sorties calculateur sont indéfinies.

5 L'outil offre la possibilité de définir les données de l'environnement par défaut et de sauvegarder des environnements auxquels on affecte un nom et qui sont alors gérés.

10 Les environnements étant directement liés à une simulation, l'accès aux environnements se fait par le choix au préalable de la simulation concernée.

La consultation de tous les environnements est permise.

15 Des environnements peuvent être créés ou modifiés.

Des possibilités de copie d'environnements entre simulations sont également proposées.

• Pilotage de l'environnement en cours de simulation

20 L'outil d'animation gère les évolutions de l'environnement en cours de simulation.

Il permet à l'utilisateur d'apporter des modifications en cours de simulation.

25 Il offre également la possibilité de faire évoluer l'environnement, en cours de simulation, par la prise en compte de données externes à l'outil d'animation (simulation avion, pilote automatique par exemple) et de délivrer des données à des entités  
30 externes à l'outil d'animation (simulation EFIS par exemple).

L'outil d'animation permet enfin de suivre les évolutions de l'environnement :

35 - il permet de savoir si une donnée a été modifiée ;

- il permet de connaître l'évolution d'une donnée dans le temps par ses différentes valeurs successives. Ce type d'information fait partie, comme le suivi, des résultats d'essai qui peuvent être  
5 sauvegardés.

• Gestion des traces et des résultats des différents essais

10 L'outil d'animation permet de gérer et d'accéder pour consultation à toutes les traces et tous les résultats d'essais sauvegardés.

Cet accès se fait après sélection de la simulation concernée.

15 Il permet d'avoir une gestion de configuration des essais par simulation : un essai est complètement identifié avec :

- le nom de la simulation ;
- le nom de l'environnement ;
- 20 - le fichier de trace ;
- les fichiers de suivi éventuels.

• Impression d'informations

25 L'outil d'animation comprend une fonction d'impression qui permet d'imprimer une version papier de toutes les informations qui permettent de caractériser un essai : environnement, trace de l'essai, résultats de l'essai, ...

30

• Ouverture de l'outil d'animation

L'outil d'animation est ouvert et peut être  
35 interfacé avec des outils d'aide à la validation de la spécification.

Ces outils d'aide à la validation, extérieurs au développement du système de l'invention facilitent la génération d'informations en entrée de l'outil d'animation et exploitent les résultats des  
5 essais pour les présenter à l'utilisateur.

Ils travaillent en particulier sur les entrées/sorties calculateur et externes de la spécification.

Des mécanismes sont prévus pour que :  
10 - des outils externes puissent modifier des données d'entrée calculateur et externes (via l'environnement actif lors de l'essai par exemple) ;  
- des outils externes puissent accéder aux données de sorties calculateur et externes pour les  
15 présenter sous une forme adaptée par exemple.

Les outils externes envisagés sont les suivants :  
- en entrée : simulation avion/senseurs,  
20 simulation pilote automatique, simulation d'un émetteur/récepteur ACARS, ...  
- en sortie : simulation senseurs, simulation pilote automatique, simulation des visualisations de bord.

25 Dans la version interactive, les outils d'aide à la validation de la spécification, qui peuvent être associés, sont essentiellement statiques, alors que dans la version temps réel de l'outil ils délivrent  
30 des informations et exploitent en temps réel les information du système de l'invention.

GLOSSAIRE

FMS	:	« Flight Management System » ou système de contrôle de vol
MCDU	:	« Multi-Purpose Display Unit » ou unité d'affichage multi-usage
Planche	:	Schéma ou partie de schéma représentable sur une page au format A4
UFT	:	Unité Fonctionnelle de Traitement
ACARS	:	« ARINC Communication Addressing and Reporting System » : Système de communication sol/bord entre l'avion et sa compagnie

REVENDICATIONS

1. Système de validation des spécifications formalisées des fonctions d'un système de traitement  
5 connecté à un terminal numérique multifonctions d'entrée, caractérisé en ce qu'il comprend un ordinateur, relié à un terminal d'accès du même type que le terminal précédent, comprenant :

- des moyens de génération automatique  
10 de code qui élaborent un logiciel de simulation à partir des spécifications ;
- des moyens d'animation dudit logiciel sur ledit terminal selon deux modes de fonctionnement :
  - un mode de fonctionnement interactif  
15 qui valide les différentes entités de la spécification ainsi que leur logique d'enchaînement, sans prendre en compte le temps,
  - un mode de fonctionnement temps  
20 réel, prenant en compte le temps, qui valide la spécification de façon globale.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de génération de  
25 code comprend les moyens suivants :

- moyens de réception et de gestion des livraisons de spécification en provenance de l'outil de gestion de configuration des spécifications ;
- moyens de consultation / modification /  
30 ajout / suppression des planches de spécification ;
- moyens de réinjection vers l'outil de gestion de configuration des spécifications d'un nouvel état de spécification élaboré dans le dispositif de génération de code ;

- moyens de génération automatique de logiciels de simulation à partir de spécifications ;

- moyens de gestion des différents logiciels de simulation ;

5                   - moyens de transfert de logiciels de simulation vers le dispositif d'animation.

3. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif comprend les moyens suivants :

10                   - moyens de réception et de gestion des logiciels de simulation en provenance du dispositif de génération de code ;

- moyens de sélection d'une simulation devant servir de cadre à un essai ;

15                   - moyens de sélection d'un environnement de démarrage de la simulation ;

                  - moyens de pilotage de la simulation permettant de lancer la simulation, de la suspendre, de la réinitialiser, de revenir en arrière, de l'arrêter et  
20 de gérer ses modes de fonctionnement ;

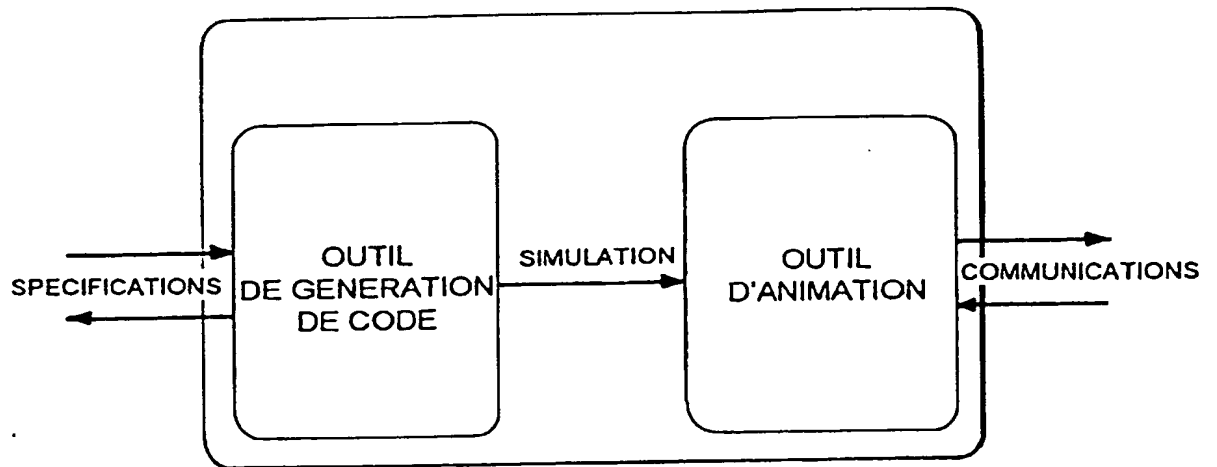
- moyens de simuler une spécification incomplète permettant à l'opérateur de modifier l'environnement pour jouer le rôle de la fonction manquante sans interrompre la version de simulation ;

25                   - moyens de gestion d'états d'environnements de différentes simulations ;

- moyens de pilotage de l'environnement en cours de simulation ;

30                   - moyens de gestion des traces et des résultats des différents essais.

1/1



2781584

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 563489  
FR 9808539

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	EP 0 738 964 A (SIEMENS CORP RES INC) 23 octobre 1996 * colonne 1, ligne 1 - colonne 9, ligne 10 *	1-3
A	EP 0 453 152 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 23 octobre 1991 * page 3, ligne 13 - page 5, ligne 51 *	1-3
A	KRAMER J ET AL: "ANIMATION OF REQUIREMENTS SPECIFICATIONS" SOFTWARE PRACTICE & EXPERIENCE, vol. 18, no. 8, 1 août 1988, pages 749-774, XP000284971 * page 754, ligne 5 - page 756, ligne 33 *	1-3
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL. 6)
		G06F
Date d'achèvement de la recherche 27 avril 1999		Examineur Brandt, J
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C13)